

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengantar

1.1.1 Judul

Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Jalur Pipa PanasBumi Di Area Kamojang, Kabupaten Bandung, Jawa Barat , Tahun 2016

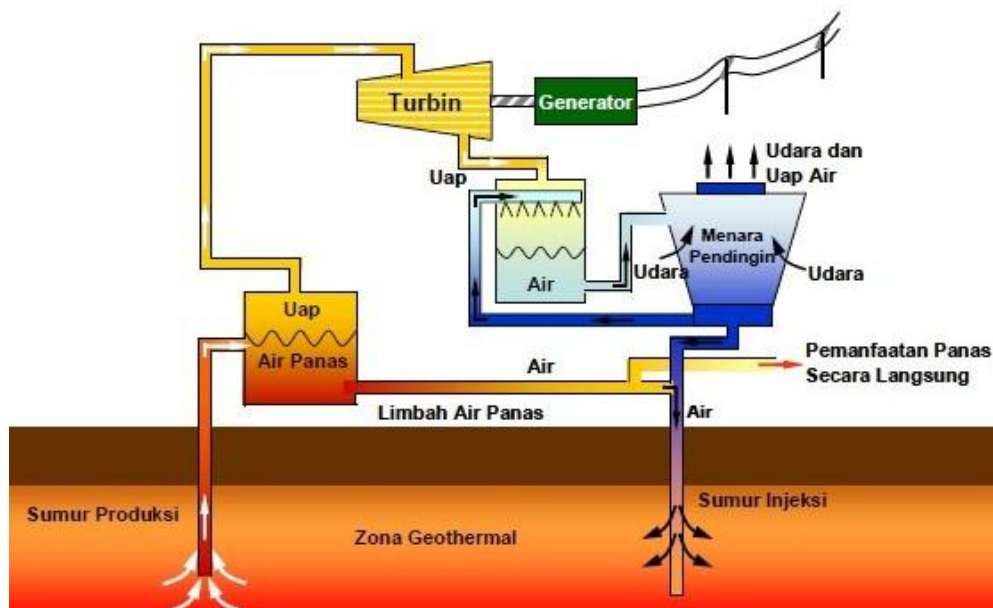
1.1.2 Latar Belakang

Energi panas bumi, adalah energi panas yang tersimpan dalam batuan di bawah permukaan bumi dan fluida yang terkandung didalamnya. Energi panas bumi telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik di Italy sejak tahun 1913 dan di New Zealand sejak tahun 1958. Di Indonesia usaha pencarian sumber energi panasbumi pertama kali dilakukan di daerah Kawah Kamojang pada tahun 1918. Pada tahun 1926 hingga tahun 1929 lima sumur eksplorasi dibor dimana sampai saat ini salah satu dari sumur tersebut, yaitu sumur KMJ-3 masih memproduksi uap panas kering atau dry steam. Sistim panas bumi di Indonesia umumnya merupakan sistim hidrothermal yang mempunyai temperatur tinggi ($>225^{\circ}\text{C}$), hanya beberapa diantaranya yang mempunyai temperatur sedang ($150 - 225^{\circ}\text{C}$).

Menurut bahasa *geothermal* terdiri dari 2 kata, yaitu *geo* dan *thermal*. Geo adalah bumi sedangkan thermal adalah panas, jadi jika digabungkan berarti panas bumi. Secara istilah, geothermal dapat diartikan sebagai energi panas yang tersimpan dalam batuan di bawah permukaan bumi dan fluida yang terkandung didalamnya yang dapat ditemukan di kawasan jalur vulkanis. Tapi tidak semua sumber panas dapat kita katakan sebagai *geothermal* Setidaknya ada 6 syarat sumber panas bisa dikategorikan kedalam energi geothermal, diantaranya :

1. Adanya batuan panas bumi berupa magma.
2. Adanya persediaan air tanah secukupnya yang sirkulasinya dekat dengan sumber magma agar dapat terbentuk uap air panas.
3. Adanya batuan reservoir yang mampu menyimpan uap dan air panas.
4. Adanya batuan keras yang menahan hilangnya uap dan air panas (cap rock).
5. Adanya gejala-gejala tektonik, dimana dapat terbentuk rekahan-rekahan di kulit bumi yang memberikan jalan kepada uap dan air panas bergerak ke permukaan bumi.
6. Panasnya harus mencapai suhu tertentu minimum sekitar $180^{\circ} - 250^{\circ}$ celcius.

Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi (PLTP) pada prinsipnya sama seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), hanya pada PLTU uap dibuat di permukaan menggunakan boiler, sedangkan pada PLTP uap berasal dari reservoir panasbumi. Apabila fluida di kepala sumur berupa fasa uap, maka uap tersebut dapat dialirkan langsung ke turbin, dan kemudian turbin akan mengubah energi panas bumi menjadi energi gerak yang akan memutar generator sehingga dihasilkan energi listrik.



Gambar 1.1. Ilustrasi Sederhana Proses Panas Bumi Menjadi Listrik

Lapangan panas bumi Kamojang terletak 42 km arah tenggara kota Bandung, Jawa Barat. Lapangan ini membentang pada deretan Gunung api Rakutak-Guntur dan terletak 1500 m di atas permukaan laut. Lapangan Kamojang memiliki reservoir dengan tipe sistem dominasi uap. Bentuk manifestasi panas bumi di permukaan yang ada di lapangan ini terdiri dari kolam air panas, kubangan lumpur panas, tanah beruap dan mata air panas yang tersebar di area Kamojang. Uap kering diproduksi dari reservoir sebesar 1100 ton/jam atau setara dengan 200 Mwe (Laporan Harian Fungsi Produksi PT.Pertamina Geothermal Energy(PGE) area Kamojang, 2013.Tidak dipublikasikan).

Energi panas bumi merupakan energi yang ramah lingkungan karena fluida panas bumi setelah energi panas diubah menjadi energi listrik, fluida dikembalikan ke bawah permukaan (*reservoir*) melalui sumur injeksi. Penginjeksian air kedalam reservoir merupakan suatu keharusan untuk menjaga keseimbangan masa sehingga memperlambat penurunan tekanan reservoir dan mencegah terjadinya subsidence. Emisi dari pembangkit listrik panasbumi sangat rendah bila dibandingkan dengan minyak dan batubara, karena emisinya yang rendah dan ramah terhadap lingkungan sekitar.

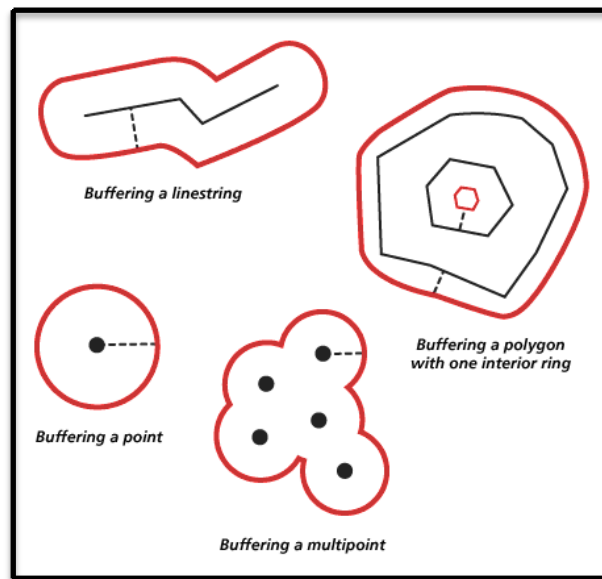
Pengolahan panas bumi dari sumur menuju pengolahan dengan menggunakan pipa khusus yang terdapat dua macam yaitu pipa alir uap dan pipa alir uap air. Peta kerawanan bencana sangat diperlukan karena dengan adanya informasi ini tindakan preventif terhadap kejadian bencana dapat dilakukan sehingga dapat mengurangi berbagai kerugian yang mungkin ditimbulkannya. Berbagai jenis bencana tersebut bisa terjadi pada lokasi yang berlainan maupun pada lokasi yang sama. Oleh karena itu selain diperlukan pemetaan wilayah bencana secara individual, juga diperlukan pemetaan multirawan bencana. Metode yang digunakan di dalam penelitian ini adalah analisis data penginderaan jauh, Sistem Informasi Geografis (SIG) dan hasil survei lapangan.

Energi panas bumi merupakan sumber energi alternatif pengganti sumber energi fosil yang diperkirakan dapat mengakibatkan kandungannya akan habis bila dikonsumsi terus-menerus karena energi fosil tidak dapat diperbaharui. Selain itu, biaya produksi energi panas bumi lebih ekonomis jika dibandingkan dengan biaya produksi energi fosil seperti minyak bumi dan batubara.

Pipa merupakan teknologi dalam mengalirkan fluida seperti minyak, gas atau air dalam jumlah yang sangat besar dan jarak yang jauh melalui darat dan daerah tertentu. Pipeline merupakan sarana transportasi diam yang berfungsi untuk mendistribusikan fluida baik dalam bentuk liquid maupun gas. Energi panas bumi yang keluar dari permukaan bumi disalurkan dengan menggunakan pipa-pipa panas bumi untuk mensuplai PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi).

Tingkat kerawanan jalur pipa dari sumber menuju area pengolahan melewati beberapa penggunaan lahan seperti hutan lindung, permukiman dan perkebunan milik masyarakat setempat yang dapat menimbulkan aspek kerugian materi. Menggunakan analisis spasial yang terdapat dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat dengan mudah mencegah atau meminimalkan kejadian sebelum dan sesudah apabila terjadi permasalahan pada jalur pipa melewati penggunaan lahan tersebut.

Metode yang digunakan dalam melakukan analisis spasial yaitu metode *Buffering* merupakan analisis yang akan menghasilkan buffer atau penyangga yang bisa berbentuk lingkaran atau poligon yang melingkupi suatu objek sebagai pusatnya, sehingga kita bisa mengetahui berapa parameter objek dan luas wilayahnya dengan melalui hasil survei lapangan dan pengolahan data. Menggunakan metode *Buffering* dari hasil skoring dengan menggunakan beberapa kelas klasifikasi yaitu penggunaan lahan, kepadatan permukiman, kelas jalan utama, jalur pipa dan kemiringan lereng.



Gambar 1.2. Macam-macam metode Buffering

Lapangan panas bumi Kamojang berada dalam wilayah Desa Laksana, Kecamatan Igun, Kabupaten Bandung, Jawa Barat dengan ketinggian rata-rata 1.500 mdpl. Lapangan ini berjarak + 17 km Baratlaut Garut atau + 42 km Tenggara Bandung, dan berada pada ketinggian 1640 – 1750 m diatas permukaan laut. Lapangan Kamojang mencakup suatu kumpulan kenampakan gejala panasbumi di permukaan, berupa fumarol serta kubangan lumpur panas. Beberapa diantaranya adalah Danau Pangkalan, Kawah Manuk, Kawah Berecek dan Kawah Leutak. Interpretasi Landsat menunjukkan lapangan Kamojang berada dalam suatu depresi berdiameter + 5 km (Sudarman & Hochstein, 1983).

PGE (Pertamina Geothermal Energy) Area Kamojang memasok daya listrik sebesar 200 MWe untuk jaringan Jawa-Bali melalui PLTP Kamojang Unit IV. PGE Area Kamojang secara aktif melakukan penghematan dan konservasi energy untuk proses produksi maupun fasilitas pendukungnya yang dapat dilihat dari penurunan houseload total energi listrik persatuan produk tahun 2011-2012 sebesar 3,48% menjadi 3,40% di tahun 2012-2013 setara dengan penghematan sebesar 422.621 kWh dari tahun sebelumnya

Tabel 1.1 Status Pemakaian Energi

Tahun	Output Produksi Unit 4 (kWh)	Pemakaian Energy utk Proses (kWh)	Pemakaian Energy utk Fasilitas penunjang (kWh)	pemakaian energy utk proses per satuan produk (%)	Houseload persatuan produk (%)
2009 -2010	521.899.000	20.576.607	769.062,1	3,94	4,09
2010 -2011	522.833.000	18.525.092	767.445,7	3,54	3,69
2011 -2012	459.416.000	15.293.844	693.832,8	3,33	3,48
2012 -2013	528.275.863	17.163.752	797.627,4	3,25	3,40

(Sumber : DRKPL 2013 Pertamina Geothermal Kamojang)

Elemen-elemen penting penyusun sistem Geothermal terdiri dari tiga yaitu: adanya sumber panas, adanya batuan reservoir yang permeabel dan adanya fluida yang membawa aliran panas (Goff dan Cathy, 2000). Sumber panas berasal dari panas yang dihasilkan dari intrusi batuan beku. Batuan reservoir merupakan batuan tempat fluida terakumulasi.

Lapangan panas bumi area Kamojang masuk dalam fase sistem entalpi panasbumi rendah dan tingi yaitu sesuai dengan (Hochstein, 1990) seperti berikut :

Tabel 1.2. Klasifikasi Sistem Panas Bumi Berdasarkan Temperatur

(Hochstein, 1990)	Sistem Entalpi Panasbumi Rendah	Sistem Entalpi Panasbumi Sedang	Sistem Entalpi Panasbumi Tinggi
	<125°C	125 – 225° C	>225°C

(Sumber : Klasifikasi Panas Bumi Hochstein tahun 1990)

Penyaluran hasil eksplorasi panas bumi dari sumur KMJ-48, 49, 58 dan 71 menggunakan kode pipa jaringan transmisi PL-405 yang dekat dengan permukiman penduduk desa laksana dan menjadi bahan penelitian untuk menentukan kerawanan bencana apabila terjadi kebocoran pipa jaringan transmisi yang menimbulkan kerugian dalam bentuk materil dan lingkungan sekitar.



Gambar 1.3. Jalur Pipa PL-403 Area Kamojang

Jalur pipa ini perlu dioptimalkan karena terjadinya problem seperti terbentuknya endapan silika, terproduksinya *Non Condensable Gas* (NCG) dalam jumlah berlebihan, adanya kecepatan aliran yang tinggi sehingga dapat mengikis dinding pipa, tekanan masuk turbin yang tidak terpenuhi dan komponen turbin yang cepat rusak. Perencanaan dengan melakukan optimasi jalur pipa perlu dilakukan karena menyangkut investasi sistem produksi secara keseluruhan dan keamanan bagi penduduk sekitar, apabila timbul permasalahan, yaitu dengan investasi jalur pipa yang ditanamkan dan kedua yang berhubungan dengan masalah operasional selama proses produksi, menyangkut adanya hambatan produksi. Sehingga dapat dengan mudah diselesaikan dengan mengkompromikannya dengan cara memasukkan kemungkinan terjadinya kondisi terburuk selama operasional (aspek teknik) dan perolehan manfaat yang dihasilkan saat ini yang maksimal sebagai cara optimasi jalur pipa panas bumi.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk mengadakan penelitian dengan judul : “ANALISIS SPASIAL TINGKAT KERAWANAN JALUR PIPA PANASBUMI DI AREA KAMOJANG, KABUPATEN BANDUNG, JAWA BARAT TAHUN 2016”.

1.1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian-uraian latar belakang tersebut, dapat diketahui beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Apakah Jalur pipa PL-403 dan PL-405 yang menghubungkan sumur KMJ-38,45 dan sumur KMJ-48, 49, 58, 71 menimbulkan potensi terjadinya kebocoran dan ledakan yang menyebabkan kerugian dan membahayakan masyarakat sekitarnya ?
2. Bagaimana kesiapan dalam mengatasi permasalahan terhadap jalur pipa apabila terjadi kebocoran ataupun ledakan ?
3. Bagaimana besar manfaat yang dihasilkan dengan menentukan analisis spasial tingkat kerawanan jalur pipa panas bumi untuk kalangan masyarakat dan lingkungan disekitarnya ?

1.1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan latar belakang dan perumusan masalah tersebut maka tujuan penelitian ini antara lain.

1. Menganalisis potensi apabila terjadi kebocoran dan ledakan yang terjadi dari jalur pipa panas bumi dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)
2. Mengkaji kesiapan dalam proses mengatasi masalah yang diakibatkan oleh kebocoran dan kerusakan pipa panas bumi.
3. Mengetahui manfaat yang didapatkan dengan menggunakan analisis spasial sehingga dapat membantu mengurangi resiko kerugian apabila terjadi kerusakan dan kebocoran pipa panas bumi.

1.1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan untuk :

1. Menganalisis tingkat kerawanan jalur pipa panas bumi yang melewati sarana dan fasilitas umum sehingga tidak berdampak membahayakan pada masyarakat sekitarnya.
2. Dapat digunakan untuk referensi melakukan penelitian lebih lanjut mengenai jalur dan kawasan yang rentan akan terjadinya kerusakan pipa panas bumi.

1.2 Telaah Pustaka dan Penelitian Sebelumnya

1.2.1 Telaah Pustaka

1.2.1.1. Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi di Indonesia umumnya merupakan sistim hidrothermal yang mempunyai temperatur tinggi ($>225^{\circ}\text{C}$), hanya beberapa diantaranya yang mempunyai temperatur sedang ($150\text{-}225^{\circ}\text{C}$). Lapangan area Kamojang termasuk dalam panasbumi yang mempunyai tipe yaitu sistem *Hydrothermal* merupakan sistim panas bumi terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas ke sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi melalui batuan, sedangkan perpindahan pana

secara konveksi terjadi karena adanya kontak antara air dengan suatu sumber panas.

Manfaat dengan adanya sumber panas bumi, maka menjadi jelas bahwa sumber energi panas bumi yang potensial dan bernilai ekonomis tentunya hanya berada di lokasi tertentu dengan kondisi geologi yang khas. Bagaimana cara mencari daerah yang potensial? Pengamatan yang mudah adalah dengan mencari keberadaan manifestasi panasbumi. Jika di suatu lokasi ditemukan *fumarole* dan mata air panas, maka sudah pasti dibawahnya ada sumber panasbumi yang membuat temperatur air tanah meningkat dan membuatnya keluar ke permukaan tanah sebagai mata air panas.



Gambar 1.4. Panasbumi *Hydrothermal Area* Kamojang

Manifestasi panasbumi di permukaan diperkirakan terjadi karena adanya perambatan panas dari bawah permukaan atau karena adanya rekahanrekahan yang memungkinkan fluida panasbumi (uap dan air panas) mengalir ke permukaan.

Berdasarkan pada jenis fluida produksi dan jenis kandungan fluida utamanya, sistem *hydrothermal* dibedakan menjadi dua, yaitu sistim satu fasa atau sistim dua fasa. Sistim dua fasa dapat merupakan sistem dominasi air atau sistem dominasi uap. Sistim dominasi uap merupakan sistim yang sangat jarang dijumpai dimana *reservoir* panas buminya mempunyai kandungan fasa uap yang lebih dominan dibandingkan

dengan fasa airnya. Rekan umumnya terisi oleh uap dan pori-pori batuan masih menyimpan air. *Reservoir* air panasnya umumnya terletak jauh di kedalaman di bawah reservoir dominasi uapnya. Sistem dominasi air merupakan sistem panas bumi yang umum terdapat di dunia dimana reservoirnya mempunyai kandungan air yang sangat dominan walaupun “*boiling*” sering terjadi pada bagian atas *reservoir* membentuk lapisan penutup uap yang mempunyai temperatur dan tekanan tinggi.

Aktivitas *hydrothermal* pada beberapa litologi seperti lava andesit, debu vulkanik, *tuf* dan lain-lain. Pengamatan petrografi dari contoh inti dan serpihan beberapa sumur menunjukkan adanya proses-proses hidrotermal dengan munculnya mineral-mineral *hydrothermal* secara melimpah.

Mineral *hydrothermal* seperti illit, monmorillonit, kalsit, khlorit, pirit dan kuarsa muncul dengan melimpah. Mineral-mineral anhidrit dan walrakit muncul dengan jumlah menengah. Sedangkan mineral-mineral *leukoxen*, *serisit*, *siderite*, *sphene*, *adularia*, *epidot* dan *pirhotit* muncul dengan jumlah sedikit.

Pemunculan melimpah dapat terlihat pada 150 meter sampai kedalaman suatu sumur. Sedangkan yang pemunculannya menengah dan jarang pada kedalaman lebih dari 600 meter. Khusus untuk anhidrit muncul pada kedalaman relatif dangkal, maksimum 400 meter. Hadirnya mineral anhidrit menyatakan bahwa air di lapangan Kamojang kaya akan sulfat.

Mineral-mineral lain hasil proses hidrotermal seperti lempung, silika, kalsit dan pirit mempengaruhi batuan piroklastik berubah, lava andesit berubah serta breksi berubah, dan menjadikannya sebagai batuan tudung yang baik.

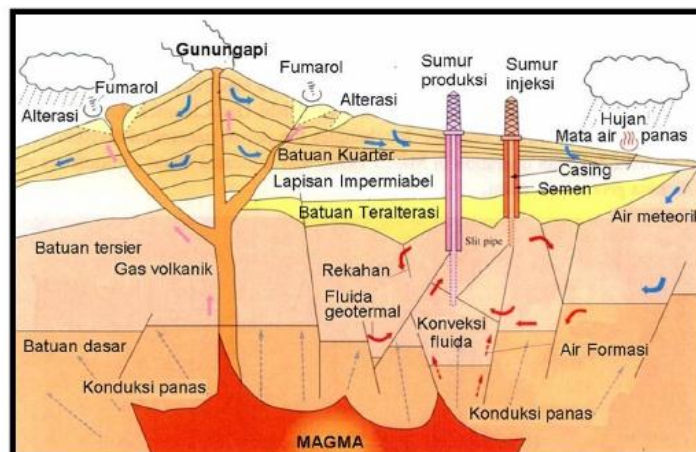
Kehadiran mineral hidrotermal seperti albit dan epidot pada beberapa lapisan berpengaruh terhadap permeabilitas, sehingga membentuk zona berpori. Satuan batuan yang mempengaruhinya adalah

lava andesit berubah, tuf berubah dan breksi berubah yang bertindak sebagai batuan reservoir.

Dari paragenesa mineral-mineral hidrotermal, temperatur reservoir dapat dihitung, yang dapat mencapai 250°C , bahkan lebih besar. Browne dengan cara yang sama telah mengukur temperatur reservoir lapangan Kamojang, hasilnya berkisar antara $230\text{--}300^{\circ}\text{C}$

Dibandingkan dengan temperatur *reservoir* minyak, temperatur *reservoir* panasbumi relatif sangat tinggi, bisa mencapai 350°C . Berdasarkan pada besarnya temperatur, (Hochstein, 1990) membedakan sistim panasbumi menjadi tiga, yaitu:

1. Sistim panasbumi bertemperatur rendah, yaitu suatu sistim yang reservoirnya mengandung fluida dengan temperatur lebih kecil dari 125°C .
2. Sistim/reservoir bertemperatur sedang, yaitu suatu sistim yang reservoirnya mengandung fluida bertemperatur antara 125°C dan 225°C .
3. Sistim/reservoir bertemperatur tinggi, yaitu suatu sistim yang reservoirnya mengandung fluida bertemperatur diatas 225°C .



Gambar 1.5. Model konseptual Sistem Panasbumi (Putrohari, 2009)

Sejalan dengan Misi perusahaan, PGE Area Kamojang sangat memperhatikan sustainabilitas pasokan energi jangka panjang dengan mengaplikasikan prinsip-prinsip pengembangan energi secara optimal yang berwawasan lingkungan. PGE Area Kamojang

mengimplementasikan GCG (*Good Corporate Goverment*) dan aspek QHSE (*Quality, Health, Safety And Environment*) dalam kebijakan perusahaan yang berwawasan lingkungan untuk memberikan nilai tambah bagi seluruh stakeholder PGE Area Kamojang.

PGE Area Kamojang secara konsisten menerapkan perbaikan berkelanjutan kualitas lingkungan hidup yang lebih baik dengan menetapkan RENSTRA pengendalian emisi meliputi inventarisasi sumber emisi, implementasi, pemantauan, pelaporan dan *benchmarking* data beban emisi meliputi bahan pencemar konvensional maupun Gas Rumah Kaca. PGE Area Kamojang secara berkala melakukan pemantauan dan evaluasi emisi 3 tahun terakhir dengan hasil sebagai berikut:

1.2.1.2. Sistem Perpipaan

Proses dalam pembangkit dimulai dari uap yang diambil dari panas bumi yang digunakan untuk memutar turbin. Jika uap tersebut bertemperatur diatas 370°C, maka PLTP menggunakan *vapor dominated system* dimana uap dari panas bumi langsung digunakan untuk memutar turbin. Jika bertemperatur sekitar 170°C sampai dengan 370°C, maka menggunakan *flushed steam system* dimana uap masih mengandung cairan dan harus dipisahkan dengan *flush separator* sebelum memutar turbin. Dalam *binary-cycle* sistem uap panas bumi digunakan untuk memanaskan gas dalam *heat exchanger*, kemudian gas ini yang akan memutar turbin.

Teknologi siklus biner adalah sistem pembangkitan listrik yang mana fluida panas bumi, baik berupa uap maupun air panas, dimanfaatkan sebagai sumber panas utama untuk memanaskan fluida kedua (atau disebut juga fluida kerja) dengan menggunakan alat penukar panas dari fase cair menjadi fase gas. Fase gas dari fluida kerja ini kemudian dialirkan ke dalam turbin yang dikopel dengan generator untuk membangkitkan listrik. Fluida kerja ini bekerja pada siklus tertutup.

Teknologi siklus biner dikembangkan untuk memanfaatkan sumber panas bumi yang mempunyai kondisi dan karakteristik sebagai berikut:

- Sumber panas bumi yang menghasilkan fluida *enthalpy* rendah sampai dengan menengah. Fluida panas bumi dengan temperatur $<150^{\circ}\text{C}$ menjadi tidak ekonomis jika dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik dengan teknologi konvensional seperti flashing sistem. Di dalam teknologi siklus biner, dengan memanfaatkan fluida panas bumi temperatur rendah sebagai sumber panas utama untuk memanaskan fluida kerja kedua yang mempunyai titik didih rendah, maka lebih banyak energi bisa dibangkitkan sehingga sistem ini bisa menjadi ekonomis. Selain itu, di sumber panas bumi dengan karakteristik *water dominated* sistem, teknologi geotermal siklus biner bisa diaplikasikan untuk meningkatkan pemanfaatan sumber panas dengan cara mengekstrak panas buangan yang terkandung di dalam air panas hasil separasi (*brine*) dari separator yang mana uapnya digunakan untuk memutar turbin pembangkit konvensional.
- Sumber panas bumi yang mengandung *dissolved solids* atau kandungan NCG (*Non-Condensable Gases*) tinggi. *Dissolved solids* di dalam fluida panas bumi akan mengendap di dalam pipa atau separator. Pada teknologi konvensional, kandungan NCG yang tinggi ($>5\%$) akan cepat terakumulasi di dalam kondenser sehingga diperlukan pompa dengan kapasitas yang cukup besar untuk mengeluarkan gas-gas tersebut.

1.2.1.3. Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan adalah segala campur tangan manusia, baik secara permanen maupun secara siklus terhadap suatu kelompok sumberdaya alam dan sumber daya buatan, yang secara keseluruhan disebut lahan, dengan tujuan untuk mencukupi kebutuhan-kebutuhannya baik secara kebendaan maupun spiritual ataupun kedua-duanya (Malingreau, 1977). Penggunaan lahan berubah menurut ruang dan

waktu,hal ini disebabkan karena lahan sebagai salah satu sumber daya alam merupakan unsur yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Semakin meningkatnya kebutuhan manusia akan persediaan lahan yang cukup untuk menopang kehidupan manusia diatasnya,maka diperlukan usaha – usaha pengelolaan penggunaan lahan.

Analisis perubahan penggunaan lahan sangat penting karena penggunaan lahan tersebut bersifat dinamis.Secara berkala cepat atau lambatnya aspek penggunaan lahan akan dipengaruhi oleh faktor alam dan karakter manusia didalamnya. Pinggiran kota adalah daerah yang mempunyai sifat dualistik,yaitu mempunyai sifat kekotaan dan sifat kedesaan. Pada umumnya daerah piggiran kota akan mengalami perkembangan fisik cukup signifikan dibandingkan dengan daerah pedesaan.Perkembangan kota adalah suatu proses perubahan keadaan perkotaan dari suatu keadaan yang lain dalam waktu yang berbeda.

Penggunaan lahan dipedesaan sebagian besar dimanfaatkan sebagai lokasi untuk mata pencaharian. Masih sedikitnya jumlah penduduk yang tinggal di pedesaan namun dengan luas lahan yang lebar menyebabkan lahan yang ada digunakan sebagai lahan pertanian. Ciri-ciri penggunaan lahan yang ada di pedesaan sebagai berikut :

1. Lahan yang digunakan sebagai permukiman penduduk masih sedikit dengan jarak antara satu permukiman dengan permukiman lain berjauhan.
2. Lahan yang ada kebanyakan digunakan untuk kegiatan pertanian, baik pertanian dalam arti sempit maupun pertanian dalam arti luas yang meliputi pertanian, perhutanan, peternakan dan perikanan.

1.2.1.4. Kepadatan Permukiman

Berkembangnya suatu wilayah perdesaan pasti akan diikuti oleh penambahan jumlah penduduk. Salah satu permasalahan yang muncul seiring dengan perkembangan suatu wilayah adalah masalah perumahan dan pemukiman. Menurut Bintarto pemukiman menempati areal paling luas dalam pemanfaatan ruang, mengalami perkembangan yang selaras

dengan perkembangan penduduk dan mempunyai pola-pola tertentu yang menciptakan bentuk dan struktur suatu wilayah yang berbeda dengan wilayah lainnya.

Pembangunan perdesaan tidak dapat dilepaskan dari pembangunan daerah perkotaan karena dalam pelaksanaan pembangunan nasional dan daerah, perkotaan dan perdesaan saling melengkapi dan membentuk satu sistem yang saling terkait. Keterkaitan antara perkotaan dan perdesaan terlihat dalam penyediaan bahan pokok, fasilitas dan pelayanan dasar, penyediaan bahan baku, serta bahan setengah jadi dan sumber daya manusia untuk industri dan kegiatan ekonomi lainnya. Dengan memperhatikan hal tersebut, keserasian dan keterpaduan dalam pembangunan sektor di daerah perkotaan dan daerah perdesaan diperlukan untuk menjamin efektivitas usaha pencapaian sasaran pembangunan.

Tingkat kepadatan penduduk akan dipengaruhi oleh unsur-unsur yaitu jumlah individu pada setiap ruang, jumlah ruang pada setiap unit rumah tinggal, jumlah unit rumah tinggal pada setiap struktur hunian dan jumlah struktur hunian pada setiap wilayah pemukiman. hal ini berarti bahwa setiap pemukiman memiliki tingkat kepadatan yang berbeda tergantung dari kontribusi unsur-unsur tersebut. Tingkat kepadatan wilayah pemukiman memiliki tingkat kepadatan yang berbeda dengan jumlah unit rumah tinggal pada setiap struktur hunian dan struktur hunian pada setiap wilayah pemukiman. sehingga suatu wilayah pemukiman dapat dikatakan mempunyai kepadatan tinggi atau kepadatan rendah. Penentuan kriteria kawasan padat permukiman dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai aspek atau dimensi seperti kesesuaian peruntukan lokasi dengan rencana tata ruang, status (kepemilikan) tanah, letak/kedudukan lokasi, tingkat kepadatan penduduk, tingkat kepadatan bangunan, kondisi fisik, sosial, ekonomi dan budaya masyarakat lokal.

1.2.1.5. Penginderaan Jauh

Menurut Lilesand et al. (2004) mengatakan bahwa penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji.

Penginderaan jauh dalam bahasa Inggris disebut *Remote Sensing*, bahasa Perancis disebut *Teledetection*, bahasa Jerman adalah *Fernerkundung*, Portugis menyebutnya dengan *Sensoriamento Remota*, Rusia disebut *Distantionaya*, dan Spanyol disebut *Perception Remota*.

Sistem penginderaan jauh dibedakan atas sistem fotografik dan non-fotografik. Sistem fotografik memiliki keunggulan sederhana, tidak mahal, dan kualitasnya baik. Sistem elektronik kelebihanannya memiliki kemampuan yang lebih besar dan lebih pasti dalam membedakan objek dan proses analisisnya lebih cepat karena menggunakan komputer.

Maksud dari tanpa ada kontak langsung dalam pengambilan data ialah seseorang tidak perlu mendatangi daerah yang dikaji dan ini memerlukan seperangkat sistem yang mendukung, maka diperlukan suatu media agar objek atau gejala tersebut dapat diamati dan didekati oleh penafsir dimana media ini berupa citra (*image* atau gambar). . Parameter yang diukur tidak semata mata kosisi bangunan namun juga kondisi lingkungan bangunan pada lokasi tersebut. Selain parameter, ada beberapa unsur - unsur yang harus diketahui sebelum melakukan penfsiran citra, yakni warna/rona, bentuk, ukuran, bayangan, tekstur, pola, situs dan asosiasi.

Data penginderaan jauh dapat berupa citra foto dan citra digital. Citra adalah gambaran rekaman suatu objek atau biasanya berupa gambaran objek pada foto. Terdapat beberapa macam yang melandasi peningkatan penggunaan citra penginderaan jauh yaitu :

1. Citra menggambarkan objek, daerah, dan gejala di permukaan bumi dengan wujud dan letaknya yang mirip dengan di permukaan bumi.
2. Citra menggambarkan objek, daerah, dan gejala yang relatif lengkap, meliputi daerah yang luas dan permanen.
3. Dari jenis citra tertentu dapat ditimbulkan gambaran tiga dimensi apabila pengamatannya dilakukan dengan stereoskop.
4. Citra dapat dibuat secara cepat meskipun untuk daerah yang sulit dijelajahi secara terestrial.

Citra data penginderaan jauh berdasarkan wahana perekaman yang dilakukan yaitu :

- a) Citra dirgantara (*airborne image*) yaitu citra yang dibuat dengan wahana yang beroperasi di udara. Misalnya citra inframerah termal, citra radar
- b) Citra satelit untuk penginderaan cuaca, misalnya citra NOAA (AS), dan citra meteor (Rusia).
- c) Citra satelit untuk penginderaan sumber daya bumi, seperti Landsat (AS), Soyus (Rusia) dan SPOT (perancis).
- d) Citra satelit untuk penginderaan laut, seperti Seasat (AS), dan citra MOS (Jepang).

1.2.1.6. Citra Quickbird

Citra Quickbird dirancang untuk menangkap gambar wilayah yang luas dengan akurasi yang tepat dan lebih efisien dengan mampu menggunakan ketepatan *industry leading geolocation*. Citra *Quickbird* merupakan citra satelit dengan reslousi 0,61 meter, mengorbit bumi sinkron denagn amtahari setinggi 450 km dengan waktu resolusi 93,4 menit dan resolusi spasial 3 – 7 hari. *Orbview 3* dengan resolusi spasialnya 1 meter (pankromatik) dan 4 meter (multispektral), mengorbit pada ketinggian 470 km dan mampu merekan data seluas 2.100 km². Satelit *Quickbird* merupakan satelit yang baik untuk data lingkungan seperti analisis perubahan iklim, penggunaan lahan, pertanian dan

kehutanan. Selain itu kemampuan satelit *Quickbird* dapat juga diterapkan untuk berbagai industri termasuk eksplorasi dan produksi minyak bumi dan gas alam, teknik dan konstruksi serta studi lingkungan. Citra satelit *Quickbird* menyediakan data dalam tiga kategori atau tingkatan pengolahannya, yaitu:

1. *Basic Imagery*

Produk ini merupakan produk citra yang paling sedikit dalam tingkat pengolahannya. Produk ini sudah mengalami koreksi terhadap sensor satelit dan koreksi radiometrik, akan tetapi produk ini belum mengalami koreksi geometric maupun diproyeksikan ke dalam proyeksi peta.

2. *Standart imagery*

Produk ini sudah mengalami koreksi radiometrik, koreksi gemetrik, koreksi distorsi terhadap sensor dan sudah diproyeksikan kedalam sebuah proyeksi peta. Produk ini tersedia dalam benyuk hitam dan putih, berwarna atau *pan sharpened* dengan resolusi 0,61 meter dan 0,72 meter atau multipsektal dengan resolusi 2,4 meter dan 2,8 meter.

3. *Orthorectified imagery*

Produk ini sudah menghapus kesalahgahan topografi dan ketelitian posisinya pun lebih, merupakan “*GIS ready*” sebagai *basemap* untuk pembuatan atau revisi pemetaan *database* GIS untuk menunjuk keberadaan kenampakan.

Tabel 1.3. Fitur dan Keunggulan Citra *Quickbird*

Fitur	Keunggulan
Resolusi Sensor komersial paling tinggi yang tersedia <ul style="list-style-type: none"> • 60-cm (2-ft) <i>pankromatik</i> • 2,4-m (8-ft) <i>multispectral</i> 	Memperoleh citra kualitas tinggi untuk pemetaan dan pendeteksi perubahan lahan.
Industri mementingkan kualitas dan keunggulan dalam ketelitian dan akurasi citra <i>Platform</i> stabil dalam akurasi atau ketelitian permukaan.	Pemetaan area tanpa harus menggunakan cek lapangan dan lapangan GCP (<i>Ground Control Point</i>) dalam jumlah relatif sedikit.
3- <i>axis stabilized, star tracker/IRU/reaction wheels,GPS</i>	

Koleksi area yang besar dan paling cepat <ul style="list-style-type: none"> • 16.5-km <i>width imaging swath</i> • 128 <i>Gbits on-board image storage capacity</i> 	Membaharui produk global dengan cepat dibanding sistem kompetitif dengan mutu gamabaran yang tinggi
<ul style="list-style-type: none"> • Citra dengan kualitas tinggi • <i>Off-axis unobscured design of Quickbird's telescop</i> • <i>Large field-of-view</i> • <i>High contrast (MTF)</i> • <i>High signal to noise ratio</i> • <i>11 bit dynamic range</i> 	Cakupan target koleksi imaging pantas dan tingkat gambaran interpretabilitas yang tinggi, sebab gambaran dapat diperoleh pada tingkat pencahayaan yang paling rendah tanpa menghilangkan kualitas maupun kuantitas grafik/gambar
Kuantisasi	11 <i>bits</i>

Sumber : *digital globe* dalam Desmaniar, 2009

1.2.1.7. Interpretasi Citra

Interpretasi citra merupakan suatu tindakan untuk mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Interpretasi citra adalah alat ilmiah yang sangat berguna, didasarkan beberapa alasan, termasuk: dapat memberikan prespektif dari udara serta mengatasi keterbatasan survey lapangan, mampu memberikan persepsi tiga dimensi, mengetahui suatu hal di luar persepsi visual manusia serta mampu memperoleh sejarah rekaman citra sebagai dokumentasi perubahan yang terjadi di muka bumi.

Interpretasi citra dibedakan menjadi dua macam pendekatan yaitu:

1. Interpretasi Visual (*Visual Image Interpretation*)

Informasi pada citra yang tersedia tidak dapat langsung tergambarkan, informasi tersebut terekam pada citra dalam variasi rona dan tekstur (Campbell, 2002) dan juga dalam bentuk variasi ukuran dan bentuk (Lillesand et al, 2008). Campbell menjelaskan bahwa untuk mengkonversi gambaran objek pada citra ke dalam suatu informasi, pengetahuan khusus harus diterapkan. Berikut ini merupakan beberapa kegiatan yang dilakukan pada saat menginterpretasi citra menurut (Campbell, 2002):

a. Klasifikasi (*Classification*)

Klasifikasi adalah menetapkan objek, kenampakan atau area ke dalam satu kelas yang didasarkan perwatakannya pada citra.

b. Pencacahan (*Enumeration*)

Merupakan kegiatan perhitungan objek yang saling terpisah yang tampak pada citra.

c. Pengukuran (*Measurement*)

Pengukuran dapat dilakukan dalam hal perhitungan jarak dan tinggi hingga luas dan volume ataupun juga dapat dilakukan perhitungan kuantitatif, nilai kecerahan pada citra.

d. Deliniasi / Penarikan Batas (*Deliniation*)

Deliniasi merupakan kegiatan dalam pemisahan objek yang saling terpisah, yang masing – masing memiliki karakteistik dalam hal rona dan tekstur, dan untuk mengetahui batas/tepi dari area yang terpisah.

2. Interpretasi Digital

Interpretasi dan analisis citra digital melibatkan manipulasi dan interpratasi dengan bantuan komputer, seringkali memerlukan prosedur yang kompleks secara sistematis (Lillsand et al, 2008). Interpretasi digital dapat dilakukan melalui pengenalan pola spektral dengan bantuan komputer. Dasar ini berupa klasifikasi pixel berdasarkan nilai spektralnya dan dapat dilakukan dengan cara statistik. Dalam melakukan proses interpretasi diperlukan unsur-unsur interpretasinya, meliputi:

a. Rona dan warna

Rona merupakan derajat kecerahan relatif (rentang gelap – cerah) pada tampilan citra skala warna keabuan. Sedangkan warna merujuk pada tampilan citra skala komposit warna HIS (*Hue, Saturation, Intensity*), RGB (*Red, Green, Blue*) atau *Munsell*

b. Tekstur

(Lillesand et al 2008) mendefinisikan tekstur adalah frekuensi perubahan rona pada citra yang diperoleh dari pengelompokan kenampakan pada citra yang terlalu kecil untuk dapat dibedakan secara individual.

c. Pola

Pola merupakan susunan keruangan objek, yang menunjukkan perulangan bentuk umum atau hubungan, yang merupakan penciri suatu objek dimuka bumi baik objek alam maupun buatan manusia (Campbell, 2002; Lillesand et al, 2008). Variasi pola meliputi pola acak, melingkar, sistematis dan sebagainya.

d. Bentuk

Merujuk pada bentuk umum, konfigurasi atau sketsa objek individu (Lillesand et al, 2008), yang secara jelas sebagai penunjuk identitas objek (Campbell, 2002). Bentuk beberapa objek kadang-kadang begitu berbeda dari yang lain, sehingga objek tersebut dapat dikenali semata – mata dari unsur bentuknya.

e. Ukuran

Ukuran dapat diwujudkan dalam dua cara yaitu (a) secara relatif dengan melihat hubungan dengan objek lain disekitarnya, (b) secara absolut dengan pengukuran yang mana dapat menghasilkan informasi kuantitatif yang meliputi jarak, volume, luasan dan tingkat pergerakan.

f. Bayangan

Bayangan objek dapat menggambarkan informasi mengenai objek lain di satu objek dengan objek lain. Bayangan juga berguna untuk pengenalan objek individu yang terpisah serta untuk menaksir variasi topografi pada kajian citra.

g. Tinggi dan kedalaman

Pengamatan tinggi dan kedalaman objek dapat dilakukan secara stereoskopis dan monoskopis.

h. Lokasi

Informasi koordinat objek dapat diperoleh dari survey lapangan dengan alat survey ataupun GPS, dan dengan mengumpulkan citra meliputi objek, kemudian diregistrasi koordinat dengan menggunakan peta dasar dan mengekstrak informasi koordinat dari citra yang sudah dikoreksi geometrik.

i. Situs

Situs memiliki karakteristik seperti elevasi, lereng, aspek, tipe tutupan permukaan ataupun secara sosioekonomi.

j. Asosiasi

Asosiasi merujuk pada keberadaan objek tertentu yang memiliki hubungan dengan objek lain.

k. Situasi

Situasi merujuk pada bagaimana objek tertentu terletak pada susunan, urutan dan orientasi secara relatif terhadap objek lain. Situs, asosiasi dan situasi digunakan secara bersama-sama dalam interpretasi citra dan merupakan unsur yang penting dalam pengenalan objek secara logis.

l. Konvergensi bukti

Konvergensi bukti adalah teknik interpretasi dengan menggabungkan beberapa unsur interpretasi untuk menemukan objeknya. Misalnya pada foto udara terdapat pohon yang berbentuk bintang, dengan pola yang tidak teratur, dan ukurannya 10 meter dan tumbuh di daerah payau (situsnya)

Terdapat tiga rangkaian kegiatan yang diperlukan dalam pengenalan objek pada citra yaitu:

1. Deteksi, merupakan pengamatan suatu objek, misalnya pada gambaran sungai terdapat obyek yang bukan air.
2. Identifikasi, merupakan upaya mencirikan obyek yang telah dideteksi dengan menggunakan keterangan yang cukup.

Interpretasi citra digital melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Rektifikasi data, untuk mengoreksi kesalahan geometrik sehingga koordinat citra sama dengan koordinat bumi.
2. Mozaik citra, yaitu menggabungkan beberapa citra yang saling bertampalan.

1.2.1.8. Sistem Informasi Geografi

Analisa dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi yang sering digunakan dengan istilah analisa spasial, tidak seperti sistem informasi yang lain yaitu dengan menambahkan dimensi ‘ruang (*space*)’ atau geografi. Kombinasi ini menggambarkan atribut-attribut pada bermacam fenomena seperti umur seseorang, tipe jalan, dan sebagainya, yang secara bersama dengan informasi seperti dimana seseorang tinggal atau lokasi suatu jalan.

GIS merupakan suatu bidang kajian ilmu yang relatif baru yang dapat digunakan oleh berbagai bidang disiplin ilmu sehingga berkembang dengan sangat cepat. Berdasarkan *International GIS Dictionary* atau *directory international GIS*, pengertian dari GIS adalah *a computer system for capturing, managing, integrating, manipulating, analysing and displaying data which is spatially referenced to the Earth*. Tentunya masih banyak definisi atau pengertian lain dari GIS yang juga disosialisasikan oleh pakar-pakar GIS dari berbagai disiplin ilmu.

Keterkaitan dengan Sistem Informasi Geografi (SIG), proses analisis pembuatan peta memiliki beberapa langkah dalam pengolahan SIG, yaitu pemasukan data, manajemen data, manipulasi dan analisis data, serta keluaran data.

1. Pemasukan (*Input*) Data

Pemasukan data merupakan suatu pekerjaan atau operasi pemasukan data dan menulisnya kedalam *database*. Data masukan dalam SIG sangat bervariasi yaitu dapat berupa data spasial maupun data non spasial. Data spasial (data grafis) adalah data yang berhubungan dengan aspek keruangan, dengan tipe-tipe segmen data berupa titik,

garis dan *area/polygon*. Data non spasial meliputi data yang berbentuk numerik, alfabetik atau alfanumerik yang mempunyai hubungan dengan data grafis.

2. Manajemen Data

Data yang dihimpun pada basisdata memungkinkan data yang sangat banyak dan bervariasi jenisnya, sudah tentu memerlukan sistem pengelolaan yang tersusun baik untuk memudahkan dalam mengorganisasikan data. Manajemen data yang dimaksudkan agar data dapat disimpan, dipanggil, dihapus dan diperbaiki secara efisien dan akurat yang diperoleh dari pemasukan data. Pengelolaan data memerlukan adanya data yang telah tersusun ke dalam *database*. Salah satu bentuk metode yang digunakan adalah untuk menangani keperluan basisdata adalah *Database Management System* (DBMS). DBMS bias diartikan sebagai program yang digunakan dalam memasukkan data, mengubah data, menghapus data, memanipulasi data dan memperoleh data informasi secara praktis dan efisien.

3. Manipulasi dan Analisis Data

Proses memanipulasi data dan menganalisis data dapat dilakukan menggunakan *Software GIS*. Manipulasi data dapat dilakukan dengan menciptakan variabel – variabel campuran melalui proses langsung dari data spasial dan non spasial dalam suatu sistem. Sedangkan proses analisis data bertujuan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi permasalahan dan kebutuhan yang diharapkan. Operasi analisis melakukan pengujian data yang ditunjukkan untuk mengekstrak atau membuat data baru, misalnya adalah proses *overlay* atau tumpang susun.

4. Keluaran Data

SIG dapat menampilkan informasi sebagian/ semua basisdata ke dalam bentuk yang dibutuhkan oleh pengguna. Data keluaran SIG pada umumnya adalah dalam format *Hardcopy* dan *Softcopy*. *Hardcopy* merupakan bentuk berupa cetakan data seperti tabel atau

peta yang di cetak dengan media kertas. *Softcopy* merupakan data yang ditayangkan berupa tampilan gambar pada layar monitor komputer dalam bentuk data digital berupa *file* yang dapat dibaca oleh komputer.

Overlay atau tumpang susun merupakan operasi spasial dimana suatu *layer* tematik *polygon* ditumpangkan dengan yang lain kemudian membentuk *layer* tematik baru dengan *polygon* yang baru. *Overlay* digunakan ketika menggabungkan dua atau lebih *layer* data. Merupakan proses dua peta tematik dengan area yang sama dan menghamparkan satu dengan yang lain untuk membentuk satu *layer* peta baru. Kemampuan untuk mengintegrasikan data dari dua sumber menggunakan peta merupakan kunci dari fungsi-fungsi analisis Sistem Informasi Geografis.

Overlay dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai cara sebagai berikut:

1. *Identity* adalah tumpang susun antara dua data grafis dengan menggunakan data grafis pertama sebagai batas luarnya.
2. *Union* adalah tumpang susun antara dua data grafis yang menghasilkan batas luar baru berupa gabungan antara batas luar data grafis pertama dan data grafis kedua.
3. *Intersect* adalah tumpang susun antara dua data grafis yang menggunakan data grafis kedua sebagai batas luarnya.
4. *Buffering*, yaitu analisis yang akan menghasilkan *buffer* atau penyangga yang bisa berbentuk lingkaran atau poligon yang melingkupi suatu objek sebagai pusatnya, sehingga kita bisa mengetahui berapa parameter objek dan luas wilayahnya. *Buffering* dapat digunakan untuk menentukan jalur hijau, menggambarkan Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE)
5. *Update* adalah tumpang susun antara dua data dengan menghapus informasi grafis pada *coverage* input dan diganti dengan informasi *coverage update*.

1.2.2 Penelitian Sebelumnya

Tri Muji Susantoro dan Suliantara (2010), melakukan penelitian dengan judul *Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Perencanaan Jalur Pipa*. Adapun tujuan penelitian ini adalah merencanakan jalur pipa dapat dilakukan dengan menggunakan data penginderaan jauh dan didukung dengan peta topografi. Pada perencanaan jalur pipa langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode analisis jarak terdekat. Hasilnya kemudian dilakukan analisis mengenai hambatan yang mungkin terjadi sehingga dapat dibuat jalur alternatifnya. Hambatan tersebut dapat berupa kelerengan lokasi yang kurang mendukung, banyaknya perlintasan dengan sungai, adanya situs atau arkeologi, fasilitas umum/khusus, permukiman dan pemakaman. Selain itu dalam melaksanakan perencanaan jalur pipa dilakukan pula analisis terhadap peraturan yang ada sehingga perencanaan jalur tersebut juga memenuhi regulasi.

Muhammad (2011), penelitiannya berjudul *Implementasi Risk Assement Pada Pipeline Gas Jalur Badak-Bontang*. Tujuan penelitian ini untuk mengantisipasi pipa penyalur yang memiliki potensi resiko cukup tinggi terhadap lingkungan seperti kebakaran, peledakan, serta pencemaran lingkungan. Faktor penyebab terjadinya resiko tersebut dapat diakibatkan oleh faktor internal seperti korosi maupun faktor eksternal seperti lingkungan ataupun masyarakat sekitar. Kegagalan operasi pipa penyalur yang diakibatkan kebocoran akan membawa dampak yang akan membahayakan manusia mengingat jalur pipa yang ada saat ini sebagian besar terletak pada daerah pemukiman penduduk, daerah lalu lintas, industri maupun tanah pertanian. Untuk menjaga sistem perpipaan tersebut agar beroperasi dengan tingkat resiko seminimum mungkin maka perlu dilakukan evaluasi secara kontinyu terhadap tingkat resiko sistem pipa penyalur sehingga dapat diketahui tingkat resiko pada jalur pipa tersebut. Metode yang digunakan adalah model indeks (pemberian skor). Pada formula tersebut terdapat indeks dan *leak impact factor*. Selain itu juga

dibuat formula penilaian (rangkuman) dengan format sederhana dari *excel*. Hasil penelitian ini adalah Pemetaan resiko pipa gas 36” berdasarkan matriks 4x4 dengan menggunakan metode skor dari berbagai aspek dan bobot yang telah ditentukan.

Fadlan Wibowo (2015), melakukan penelitian dengan judul Kajian Resiko Pipas Gas Transmisi PT.Pertamina Studi Kasus Simpang Km32-Palembang. Adapun tujuan penelitian ini yaitu *Pipeline* merupakan sarana transportasi diam yang berfungsi untuk mendistribusikan fluida baik dalam bentuk liquid maupun gas. Sementara itu, risiko didefinisikan sebagai kombinasi antara kemungkinan terjadinya kegagalan (*probability of failure*) dan konsekuensi terjadinya kegagalan (muhammad, 2007). Karena medan yang di lalui saluran pipa sangat beragam, mulai dari laut dataran rendah, lembah, dan didalam tanah maka dalam pengoperasiannya akan banyak di temukan berbagai macam masalah seperti korosi (*corrosion*) maupun retak atau terputus. Keretakan merupakan persoalan yang harus diperhatikan karena akibat yang ditimbulkan yaitu ledakan dan kebocoran yang bisa mempengaruhi kehidupan sosial dan kerugian yang sangat besar. Metode penelitian yang digunakan Pemberian skor indek dan faktor dampak kebocoran pipas gas transmisi dan Pemetaan matrik 4x4 Setelah nilai akhir skor indeks dan nilai dampak kebocoran didapat maka dilakukan pemetaan dengan matrik 4x4 sehingga bisa di bagi menjadi 3 kategori yaitu *high risk*, *medium risk*, dan *low risk*. Sumbu x untuk indeks skor dan sumbu y untuk *leak impact factor*. Hasil yang didapatkan metode matriks ini tingkat risiko dapat dipetakan dengan mudah sehingga bisa ditentukan program pemeliharaan dan strategi inspeksi yang tepat untuk masing masing kategori dan section sehingga pemeliharaan dapat di lakukan dengan efektif dan efisien baik dari segi biaya ataupun tenaga sesuai dengan tingkat risiko masing-masing.

Tabel 1.4. Ringkasan Penelitian Sebelumnya

Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Tri Muji Susantoro dan Suliantara (2010)	Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Perencanaan Jalur Pipa	Penelitian ini adalah merencanakan jalur pipa dapat dilakukan dengan menggunakan data penginderaan jauh dan didukung dengan peta topografi	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis jarak terdekat, hal ini untuk meminimalkan biaya. • Identifikasi penggunaan lahan dan morfologi • Penentuan alternatif jalur berdasarkan data satelit dan peta topografi. 	Peta Jalur Pipa yang sesuai dengan metode analisis jarak terdekat. Hasilnya kemudian dilakukan analisis mengenai hambatan yang mungkin terjadi sehingga dapat dibuat jalur alternatifnya.
Muhammad (2011)	Implementasi <i>Risk Assement</i> Pada <i>Pipeline Gas Jalur Badak-Bontang</i>	Untuk mengantisipasi pipa penyalur yang memiliki potensi resiko cukup tinggi terhadap lingkungan seperti kebakaran, peledakan, serta pencemaran lingkungan. Faktor penyebab terjadinya resiko tersebut dapat diakibatkan oleh faktor internal seperti korosi maupun faktor eksternal seperti lingkungan ataupun masyarakat sekitar.	<ul style="list-style-type: none"> • implementasi ini model penilaian resiko yang digunakan ialah model indeks (pemberian skor). • Penelaahan data dan dokumen • Pemberian skor indeks dan LIF (leak impact factor) • Pembacaan tingkat resiko dilakukan dengan bantuan model matriks. 	Pemetaan Tingkat Resiko setiap komponen penilaian resiko pipa 36" ini, maka dilakukan pemetaan tingkat resiko dengan model sederhana matriks 4x4 untuk setiap section dan menghasilkan matriks ini dipetakan berdasarkan kategori <i>low</i> , <i>medium</i> , dan <i>high risk</i> .

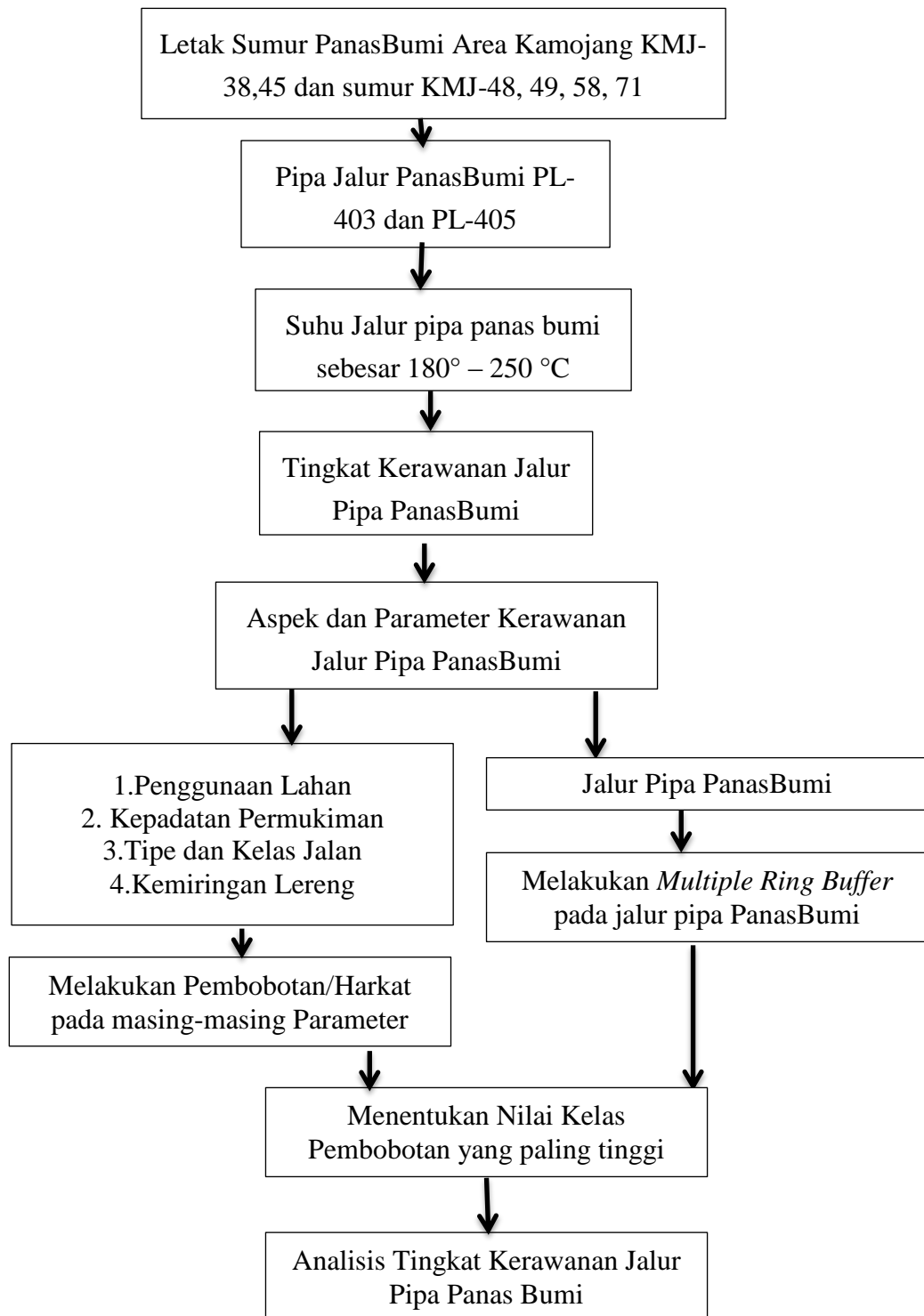
Tabel 1.4. Ringkasan Penelitian Sebelumnya

Nama Peneliti	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Fadlan Wibowo (2015)	Kajian Resiko Pipas Gas Transmisi PT.Pertamina Studi Kasus Simpang Km32-Palembang	<i>Pipeline</i> merupakan sarana transportasi diam yang berfungsi untuk mendistribusikan fluida baik dalam bentuk liquid maupun gas. Sementara itu, risiko didefinisikan sebagai kombinasi antara kemungkinan terjadinya kegagalan (<i>probability of failure</i>) dan konsekuensi terjadinya kegagalan	<ul style="list-style-type: none"> • Implementasi <i>Pipeline Risk Assesment</i>. Penilaian risiko yang digunakan ialah model indeks (pemberian skor). • Pemetaan matrik 4x4 Setelah nilai akhir skor indeks dan nilai dampak kebocoran didapat maka dilakukan pemetaan dengan matrik 4x4 	Pemetaan Tingkat Resiko berdasarkan matrik 4x4 Dari hasil pemetaan tingkat risiko dengan matriks 4x4 menerangkan bahwa pada section 6 masuk kategori high risk dengan nilai indeks 181,4
Ivan Arianto (2016)	Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Jalur Pipa Panas Bumi Di Area Kamojang Kecamatan Ibun, Kab. Bandung, Jawa Barat	<p>Menganalisis akan terjadinya potensi kebocoran dan ledakan yang terjadi dari jalur pipa panas bumi dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG)</p> <p>Mengkaji ketanggapan dan kesiapan dalam proses mengatasi masalah yang diakibatkan oleh kebocoran dan kerusakan pipa panas bumi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretasi Visual Citra Quickbird • Pemberian Harkat pada masing-masing parameter • Tumpang susun (<i>Overlay</i>) • <i>Multiple Ring Buffer</i> 	Pemetaan tingkat resiko tingkat kerawanan jalur pipa panas bumi dengan menggunakan metode skoring dan buffering untuk mendapatkan hasil yang terbaik dengan mendapatkan nilai tingkat kerentanan sedang.

1.2.3 Kerangka Penelitian

Tingkat kerawanan jalur Jalur pipa panas bumi PL-403 dan PL-405 yang menghubungkan dari sumur KMJ-38,45 dan sumur KMJ-48, 49, 58, 71 dapat menyebabkan potensi kerusakan dan kebocoran yang terjadi akibat kesalahan alat atau *human error*. Jalur pipa panas bumi yang melewati permukiman dan penggunaan lahan mempunyai potensi resiko yang besar dikarenakan suhu yang dihubungkan dengan menggunakan jalur pipa panas bumi sebesar $180^{\circ} - 250^{\circ}\text{C}$ yang menghasilkan entalpi yang tinggi dikarenakan area kamojang merupakan sumber panas bumi dengan tipe *hydrothermal*. Aspek yang menghasilkan potensi kerawanan jalur pipa panas bumi dengan menggunakan beberapa faktor pembobot yaitu penggunaan lahan, kepadatan permukiman, kondisi jalan dan lebar jalan masuk serta kemiringan lereng yang terjadi pada daerah tersebut. *Pipeline* merupakan sarana transportasi diam yang berfungsi untuk mendistribusikan fluida baik dalam bentuk liquid maupun gas. Sementara itu, risiko didefinisikan sebagai kombinasi antara kemungkinan terjadinya kegagalan (*probability of failure*) dan konsekuensi terjadinya kegagalan. Karena medan yang dilalui saluran pipa sangat beragam, mulai dari laut dataran rendah, lembah, dan didalam tanah maka dalam pengoperasiannya akan banyak ditemukan berbagai macam masalah seperti korosi (*corrosion*) maupun retak atau terputus.

Semua faktor tersebut dapat dengan melalui interpretasi citra digital untuk menghasilkan penggunaan lahan dan kepadatan permukiman sehingga akan dapat mengetahui potensi yang timbul akan terjadinya masalah apabila terjadi kerusakan dan kebocoran pada Jalur pipa panas bumi PL-403 dan PL-405. Parameter tersebut dapat digabungkan dengan kemiringan lereng dan kondisi lebar jalan masuk yang mempunyai nilai utama untuk melakukan penyelamatan diri dari kerusakan pipa panas bumi. Hasil yang diperoleh sementara dapat menghasilkan suatu metode atau antisipasi dalam menghadapi bencana yang terjadi oleh jalur pipa panas bumi.



Gambar 1.6. Diagram Kerangka Pemikiran

1.2.4 Hipotesis

Hipotesa dari penelitian ini adalah data yang diperoleh dari Badan Usaha Milik Negara PT. Pertamina Geothermal Energy (PGE) dan hasil manajemen data sebagai gabungan untuk mendapatkan analisis spasial tingkat kerawanan jalur pipa panas bumi dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi di area Kamojang desa Pangkalan, Kecamatan Ibum, Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

1.3 Metode Penelitian

1.3.1 Populasi/Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah analisis spasial dengan menggunakan metode pemberian harkat pada masing-masing parameter yang ditentukan untuk menghasilkan peta tingkat kerawanan jalur pipa panas bumi yang terdapat pada sektor PL-405 dan PL-403. Penelitian ini memfokuskan pada parameter yang ditentukan yaitu penggunaan lahan, kepadatan permukiman, kemiringan lereng dan kondisi jalan yang mempengaruhi dalam aksesibilitas.

1.3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Lapangan Area Kamojang masuk dalam kawasan Perusahaan PT. Pertamina *Geothermal Energy* yang terdapat pada daerah dataran tinggi. Pada Penelitian ini yaitu Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Jalur Pipa Panas Bumi ditentukan dengan mengetahui potensi yang dapat menimbulkan kerugian sangat besar dalam bentuk materil dan lainnya.

Melakukan penentuan sampel lapangan menggunakan *simple random sample* (sampel acak). Pengambilan sampel acak sederhana adalah suatu cara pengambilan sampel dimana tiap unsur yang membentuk populasi diberi kesempatan yang sama untuk terpilih menjadi sampel. Pengambilan sampel dengan teknik ini dipilih karena memberikan kesempatan yang sama kepada semua anggota populasi untuk ditetapkan sebagai anggota sampel pada permukiman ataupun fasilitas umum yang dapat bertambahnya kerugian.

1.3.3 Metode Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan mengumpulkan alat dan bahan yang digunakan sebagai pendukung.. Tahap pengumpulan data dibagi menjadi dua yaitu pengumpulan data primer dan pengumpulan data sekunder.

1.3.3.1. Interpretasi Visual Citra *Quickbird*

Interpretasi citra adalah kegiatan menafsir, mengkaji, mengidentifikasi, dan mengenali obyek pada citra, selanjutnya menilai arti penting dari obyek tersebut untuk ,mengetahui kenampakan pada citra satelit. Tahapan dalam melakukan interpretasi citra terdapat beberapa langkah yaitu deteksi, identifikasi, pengenalan, analisis, klasifikasi dan idealisasi citra satelit secara umum. Langkah yang paling utama adalah deteksi dan identifikasi citra satelit sehingga dapat dengan mudah untuk melanjutkan pada langkah selanjutnya. Interpretasi digunakan untuk mengetahui penggunaan lahan dan kepadatan permukiman yang nampak pada citra satelit.

Langkah dalam melakukan interpretasi citra yaitu dengan melakukan digitasi penggunaan lahan secara keseluruhan dengan melihat unsur-unsur dalam melakukan interpretasi citra satelit yang nampak. Variabel selanjutnya adalah dengan menentukan kepadatan permukiman yang nampak pada citra satelit setelah melakukan digitasi pada penggunaan lahan dan dapat dengan mudah melakukan perbedaan secara langsung.

Blok permukiman yang telah teridentifikasi dapat menjadi perluasan variabel selanjutnya yaitu dengan lebar jalan masuk, kondisi jalan masuk dan letak lokasi permukiman yang dekat dengan jalur pipa panas bumi yang akan dilakukan penelitian. Hasil interpretasi visual dengan menggunakan citra satelit *Quickbird* dapat membedakan tampilan penggunaan lahan secara nampak dan dapat membedakan jalan raya sebagai aksesibilitas apabila terjadi bencana kerusakan pipa panas bumi.

1.3.4 Instrumen Penelitian

1.3.4.1. Alat

Tabel 6. menampilkan alat-alat dan pendukung yang digunakan dalam proses penelitian di area Kamojang.

Tabel 1.5. Alat Penelitian

No.	Alat/ Perangkat Lunak	Keterangan
1.	Laptop ASUS S46C Intel(R)Core(TM)i7-3517U CPU@1.9Ghz, RAM 4GB, Monitor 14", 64-bit, Windows 8.1	Untuk melakukan pengolahan data
2.	ArcGIS 10.1	Untuk pengolahan data GIS dan Analisis Spasial.
3.	GPSmap 76CSx	Untuk survei lapangan
4.	EPSON L110	Mencetak hasil penelitian
5.	Canon 500D	Mengambil objek survei.

1.3.4.2. Bahan

Tabel 7. menampilkan data yang digunakan dalam proses penelitian di area Kamojang

Tabel 6. Bahan Penelitian

No.	Bahan	Jenis Data	Keterangan
1.	Citra Quickbird Tahun 2015	Data Primer	Untuk mengetahui penggunaan lahan dan kepadatan permukiman
2.	DEM (<i>Digital Terrain Model</i>) Area Kamojang	Data Primer	Untuk menghasilkan kelas kemiringan lereng
3.	Data Digital (shapefile) - Jaringan Pipa - Batas Administrasi - Letak Sumur - Jaringan Jalan	Data Sekunder	Untuk melengkapi data dalam membuat analisis spasial.

1.3.5 Metode Pengolahan Data

1.3.5.1. *Inputing Data*

Inputing data merukan memasukan data yang akan diolah dengan menggunakan *software* GIS untuk melakukan proses penelitian. Data yang akan diolah dalam melakukan penelitian yaitu citra satelit Quickbird, data DEM (*Digital Terrain Model*) dan data jalur pipa panas bumi yang digunakan sebagai bentuk dalam melakukan penelitian.

Melakukan input data dengan menghasilkan format data baru yaitu *.shp (*Shapefile*) untuk melakukan proses digitasi ataupun pengolahan data pendukung dalam melakukan penelitian.

1.3.5.2. Interpretasi Visual Penggunaan Lahan

Interpretasi visual penggunaan lahan dengan menggunakan satelit Quickbird dapat dengan mudah mengamati keadaan sekitar dengan menggunakan citra satelit. Melakukan digitasi dengan membuat data *Shapefile* baru untuk penggunaan lahan. Digitasi diawali dengan pembuatan data *vector* yaitu jalan dan penggunaan lahan yang nampak pada tampilan citra satelit.

Digitasi penggunaan lahan merupakan langkah awal sebelum melakukan ketahap selanjutnya yaitu dengan menentukan kepadatan setiap permukiman yang berada pada dekat dengan jalur pipa panas bumi di area kamojang. Digitasi penggunaan lahan permukiman dan non permukiman dibuat untuk mempermudah dalam memisahkan daerah permukiman yang padat dengan daerah non permukiman untuk memudahkan dalam proses analisis.

Melakukan interpretasi penggunaan lahan secara langsung dengan menggunakan kunci interpretasi citra penginderaan jauh untuk mendapatkan hasil yang diinginkan. Penggunaan lahan yang ada di area kamojang memiliki variasi yang beragam. Hasil data penggunaan lahan dengan melakukan interpretasi citra beresolusi tinggi menghasilkan keberadaan sebenarnya dilapangan dengan jelas.

1.3.5.3. Data Spasial

Data DTM (*Digital Terrain Model*) pada area kamojang memiliki nilai elevasi atau ketinggian yang dapat menghasilkan tampilan berupa kelerengan. Data DTM dengan menggunakan data hasil olah survey lapangan yang dilakukan oleh Pertamina Area Kamojang dapat memudahkan untuk mengetahui tampilan secara detail kenampakan permukaan bumi yang terdapat pada area Kamojang. Menggunakan software GIS data DTM dapat dengan mudah menghasilkan kelas kemiringan lereng untuk menentukan nilai harkat ataupun skoring pada tiap kelerengan yang terdapat pada sekitar jalur pipa panas bumi. Kemiringan Lereng yang dihasilkan dengan menggunakan data DTM dapat dengan mudah untuk memudahkan penelitian dengan data yang ada.

1.3.5.4. Pengisian Data Atribut

Data *Attribute* yang diisi dengan sesuai variabel pada parameter-parameter pendukung yang digunakan dalam penelitian pada Analisis Spasial Tingkat Kerawanan Jalur Pipa Panas Bumi di Area Kamojang. Pengisian data attribute dapat dengan mudah untuk melakukan analisis yang dilakukan dalam mengolah data dengan menggunakan software GIS.

Setiap variabel parameter pendukung dalam melakukan analisis penelitian ini dapat mengetahui luasan wilayah dan melakukan memberikan nilai harkat pada setiap parameter yang telah di tentukan.

Parameter yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah penggunaan lahan, kemiringan lereng, jenis jalan dan intensitas bahaya pada jalur pipa panas bumi. Pengisian data attribute dengan menghasilkan olah data secara spasial ataupun dengan menggunakan interpretasi citra secara langsung dengan melakukan pembobotan pada setiap parameter variabel yang didukung dengan data pendukung seperti data digital batas administrasi dan data digital aliran sungai.

1.3.6 Metode Analisis Data

1.3.6.1. Pemberian Harkat Variabel Parameter Citra

Memberikan *skoring* atau pembobotan pada variabel setiap parameter yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan Lahan

Aplikasi penginderaan jauh yang digunakan untuk mendapatkan informasi dengan penggunaan lahan yaitu dengan menggunakan citra satelit *Quickbird*. Penggunaan lahan yang nampak pada citra satelit *Quickbird* merupakan salah satu citra yang mempunyai resolusi spasial tinggi yang dapat dengan mudah melakukan interpretasi citra. Setiap penggunaan lahan memiliki nilai pembobotan yang berbeda-beda menurut Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan (1996).

Tabel 1.7. Klasifikasi Penggunaan Lahan

Kelas	Penggunaan Lahan	Bobot
I	Permukiman Desa	3
II	Kebun Campuran/Hutan	2
III	Sawah/Tegalan/Lahan Kosong/Semak belukar	1

Sumber : Direktorat Geologi Tata Lingkungan (1996)

Penggunaan Lahan berupa Hutan dan permukiman memiliki nilai potensi yang dapat menjadi ancaman apabila terjadi kebocoran pada jalur pipa panas bumi. Sehingga nilai pada penggunaan lahan Hutan memiliki nilai pembobot yang paling tinggi dikarenakan apabila terjadi kebakaran dapat menjadi ancaman serius bagi penduduk sekitar area jalur pipa panas bumi yang terlewati dan dapat juga untuk melakukan antisipasi apabila sewaktu-waktu terjadi kebocoran yang dapat menyebabkan kerugian besar dan menghilangkan fungsi sebenarnya hutan. Jalur Pipa Panas bumi yang merupakan jalur yang memiliki tingkat intensitas kerawananan paling tinggi dapat

menjadikan pedoman dalam melakukan pembuatan jalur pipa panas bumi dikemudian hari.

2. Kepadatan Permukiman

Kepadatan permukiman dapat diartikan sebagai kerapatan rumah dan penggunaan penutupan atap antara rumah yang satu dengan yang lainnya (Soemarwoto, 1991). Adapun tabel skoring yang digunakan :

$$\frac{\sum \text{Seluruh Luas Atap}}{\sum \text{Luas Blok Permukiman Dalam Satuan Unit Permukiman}} \times 100\%$$

Tabel 1.8. Klasifikasi Kepadatan Permukiman

No	Kepadatan Permukiman	Kriteria	Harkat
1	< 40%	Jarang	1
2	40% - 60%	Sedang	2
3	> 60 %	Padat	3

Sumber : Ditjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, dalam Harry Dinatha 2016

3. Klasifikasi Kondisi Jalan

Jalan masuk adalah jalan yang menghubungkan jalan lingkungan dengan jalan utama untuk melakukan aksesibilitas jalan. Kondisi permukaan jalan masuk adalah pengerasan permukaan badan jalan dengan aspal atau konblok yang dibedakan atas bahan pengeras jalan tersebut (Soemarwoto, 1991). Berikut adalah tabel skoring kondisi jalan masuk :

Tabel 1.9. Klasifikasi Kondisi Jalan

Kelas	Lebar Jalan Masuk	Kriteria	Harkat
1	Lebar jalan > 6m, dapat dilalui 2-3 mobil	Baik	1
2	Lebar jalan 4-6m, dapat dilalui 1-2 mobil	Sedang	2
3	Lebar jalan < 4m	Buruk	3

Sumber: Ditjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, dalam Harry Dinatha 2016

1.3.6.2. Pemberian Harkat Variabel Data Spasial

1. Kemiringan Lereng

Variasi topografi yang terdapat pada area Kamojang pada jalur pipa Panas Bumi PL-403 dan PL-405 dapat mengetahui salah satu faktor dalam menghasilkan suatu pembobotan dengan melihat kondisi permukaan topografi yang berada di area Kamojang. Klasifikasi yang digunakan dalam melakukan pembobotan (*skoring*) parameter kemiringan lereng seperti dibawah ini :

Tabel 1.10. Klasifikasi Kemiringan Lereng

Kelas	Lereng %	Deskripsi	Harkat
I	0 – 8	Datar	3
	8 - 15	Landai	
II	15 – 25	Bergelombang	2
III	25 - 40	Berbukit	1
IV	>40	Berbukit Terjal	0

Sumber : Chow (1968) dalam Dirjen Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan (1998)

2. Jalur Pipa Panas Bumi

Jalur pipa panas bumi yang terdapat pada area kamojang memiliki beberapa macam kondisi yaitu terletak pada dekat dengan permukiman atau penggunaan lahan yang dapat berpotensi kerugian apabila terjadi kerusakan pada jalur pipa panas bumi PL-403 dan PL-405

Tabel 1.11. Klasifikasi Jalur Pipa

Kelas	Keterangan	Jarak Jangkauan (m)
I	Jalur pipa melewati rawa dan sawah dan tidak ada bangunan penduduk di sekitarnya.	100
II	Perumahan penduduk jarang tetapi melewati Kantor dan Gudang	200
III	Bangunan penduduk sangat padat dan dekat dengan jalan utama	300

Sumber : Wibowo,F. “Kajian Resiko Pipa Gas Transmisi”

1.3.6.3. Penentuan Kelas

Analisis tingkat kerawanan jalur pipa yang terdapat pada area kamojang menghasilkan tiga kelas tingkat kerawan jalur pipa panas bumi yaitu sangat tinggi, sedang dan rendah sehingga dengan menentukan tiga kelas pada masing-masing parameter variabel yang digunakan dapat mendapatkan hasil yang sesuai dengan dilapangan.

Untuk menentukan klasifikasi tingkat kerawanan jalur pipa panasbumi yaitu dengan cara pengharkatan dan pembobotan. Langkah yang dilakukan terlebih dahulu ialah menghitung harkat total untuk selanjutnya dapat mengetahui harkat total terendah dan tertinggi. Harkat total diperoleh melalui rumus berikut :

Harkat Total =

(Harkat A x pembobot A) + (Harkat B x pembobot B) +

Penentuan jumlah kelas dan kelas interval dilakukan dengan rumus menurut Sturges sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah kelas} &= 1 + 3,3 \log (\text{jumlah data}) \\
 &= 1 + (3,3 \times (\log 4)) \\
 &= 1 + (3,3 \times 0,6020) \\
 &= 1 + 1,9866 \\
 &= 2,9866 = 3
 \end{aligned}$$

Tidak ada klasifikasi khusus yang digunakan untuk menentukan ketiga kelas kerawanan jalur pipa panas bumi sehingga untuk menentukan ketiga kelas menggunakan rumus umum sebagai berikut:

$$Ci = \frac{R}{K}, \text{ dimana}$$

Ci = Interval Kelas

R = Range (Nilai Maksimal – Nilai Minimal)

K = Jumlah kelas (3)

1.3.6.4. Tumpang Susun (Overlay)

Masing-masing variabel parameter yang digunakan dalam penelitian yaitu penggunaan lahan, kepadatan permukiman, kondisi jalan, kemiringan lereng dan klasifikasi jalur pipa panas bumi di tumpang susun (*overlay*) menjadi 1 layer dan menggabungkan data atribut yang sebelumnya diolah.

Selanjutnya menghitung skor total pada tiap parameter dengan menjumlahkan semua parameter yang dihasilkan pada setiap nilai parameter dengan menentukan nilai hasil pembobotan yang paling besar/tinggi merupakan nilai yang menghasilkan potensi kerawanan jalur pipa panas bumi yang paling tinggi terhadap lingkungan sekitarnya. Menggunakan lima kelas parameter yang ada bertujuan untuk mengetahui apabila terjadi kerusakan pada pipa panas bumi untuk melakukan langkah antisipasi dalam mencegah terjadinya kerugian dan dampak yang besar terhadap lingkungan sekitarnya. Kelas yang dibagi dalam tingkat kerawanan yaitu Sangat Tinggi (*High Risk*), Sedang (*Medium Risk*) dan Rendah (*Low Risk*).

1.3.6.5. Analisis Spasial

Analisis spasial berusaha untuk membantu perencanaan dalam menganalisis kondisi permasalahan berdasarkan data dari wilayah yang menjadi sasaran. Dan konsep-konsep yang paling mendasari sebuah analisis spasial adalah jarak, arah, dan hubungan. Kombinasi dari ketiganya mengenai suatu wilayah akan bervariasi sehingga membentuk perbedaan yang signifikan yang membedakan satu lokasi dengan yang lainnya. Dengan demikian jarak, arah, dan hubungan antara lokasi suatu objek dalam suatu wilayah dengan objek di wilayah yang lain akan memiliki perbedaan yang jelas (Cholid.2009:5).

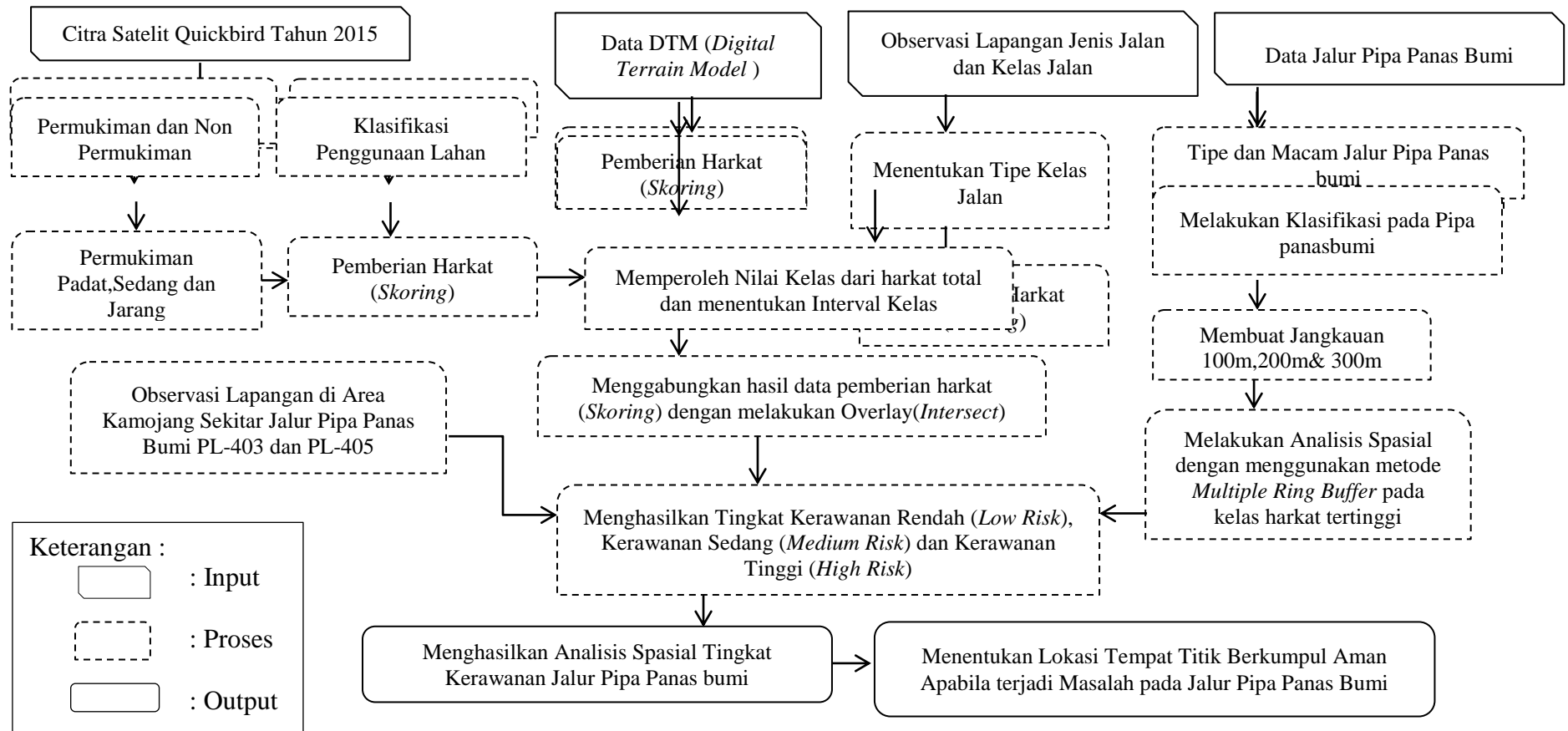
Buffer adalah analisis spasial yang akan menghasilkan unsur-unsur spasial yang berupa poligon, membuat peta dengan jarak tertentu dari suatu obyek. Unsur-unsur ini merupakan *area* atau *buffer* yang berjarak (yang ditentukan) dari unsur-unsur spasial yang menjadi masukannya.

Multiple Ring Buffer berfungsi untuk membuat lebih dari satu *buffer* dengan jarak interval tertentu dari suatu objek, misalnya jarak pertama 100 meter, kedua 200 meter, dan ketiga 300 meter. Dengan adanya *buffer* maka akan dapat menghasilkan layer spasial baru yang berbentuk poligon dengan jarak tertentu dari unsur-unsur spasial yang menjadi masukannya (Prahasta, 2009).

Dalam melakukan analisis spasial berupa *buffer* pada parameter pendukung yang terdapat dilapangan dengan menghasilkan data yang akurat dan dapat mengetahui manfaat yang dihasilkan. Dengan dibuatnya *buffer* maka akan terbentuk suatu area, polygon atau zona baru yang melindungi/menutupi objek spasial dengan jarak tertentu. Metode *Buffer* yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dalam bentuk luasan (*area*) dan panjang(*line*) sehingga dapat mengetahui cakupan yang dihasilkan dengan menggunakan metode *buffer* yang dapat dengan mudah nampak dilapangan untuk dilakukan penelitian dan hambatan yang terjadi.

1.3.6.6. Mempresentasikan Peta

Menampilkan hasil yang berupa penggunaan lahan, kepadatan permukiman, kondisi jalan, kemiringan lereng dan klasifikasi jalur pipa panas bumi dalam bentuk peta jadi dan di susun berdasarkan kaidah kartografi. Proses mendesain peta atau menglayout peta harus dimunculkan unsur-unsur pembuatan peta seperti adanya legenda, inset, judul, skala, grid dan lainnya.



1.4 Batasan Operasional

Analisis adalah penyelidikan terhadap suatu peristiwa(karangan, perbuatan, dsb) untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya (sebab-musabah, duduk perkaranya, dsb) (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 2001)

Fluida adalah zat yang dapat mengalir. Kata Fluida mencakup zat car, air dan gas karena kedua zat ini dapat mengalir, sebaliknya batu dan benda-benda keras atau seluruh zat padat tidak digolongkan kedalam fluida karena tidak bisa mengalir (Theodore von Karman 1881-1963).

Hydrothermal merupakan sistim panas bumi terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas ke sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi melalui batuan, sedangkan perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya kontak antara air dengan suatu sumber panas (Hochstein, 1990)

Panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, serta batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetik tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem Panas Bumi (UU No. 21 tahun 2014 tentang Panas Bumi, pasal 1 ayat 1).

Penggunaan lahan merupakan kaitannya dengan aktivitas manusia pada daerah spesifik tertentu (Lillesand Kiefer, 1994)

Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup di luar kawasan lindung, baik yang berupa kawasan perkotaan maupun perdesaan yang berfungsi sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung perikehidupan dan penghidupan (UU RI Nomor 4 Tahun 1992 Tentang Perumahan dan Permukiman).

Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan alat yang bermanfaat untuk pengumpulan, penimbunan, pengambilan kembali data yang diinginkan dan penayangan data kekurangan yang berasal dari kenyataan dunia (Burrough,1986).